

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

DERWENT-ACC-NO: 2001-331094
DERWENT-WEEK: 200135
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Nano tube probe such as carbon nano tube for
electron microscope,
includes cone protruded at one end of cantilever and nano
tube is fixed to
leading vertex of cone

2 nano-probe

PATENT-ASSIGNEE: DAIKEN KAGAKU KOGYO KK[DAIKN], NAKAYAMA
Y[NAKAI]

PRIORITY-DATA: 1999JP-0194858 (June 4, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
JP 2000346786/	December 15, 2000	N/A
008	G01N 013/16;	
A		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP2000346786A	N/A	1999JP-0194858
June 4, 1999		

INT-CL (IPC): C01B031/02; G01B007/34 ; G01B021/30 ;
G01N013/16

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000346786A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - A cone (8) is protruded at one
end of cantilever (4).

The base end of a nano tube (10) is fixed to the leading
vertex (8a) of cone.

The side surface of cone is extended along the direction of
rear end (4a) of
cantilever.

DETAILED DESCRIPTION - The crossing angle of rear end of
cantilever and nano
tube end, is set more than 90 deg. . The inclination angle
of cantilever (4)

opposing to substance surface (12) is set to theta , so
that crossing angle is
set to (90+ theta). The cone is trigonal pyramid shape or
square cone shaped.

USE - Nano tube probe such as carbon nano tube, BCN type
nano tube, BN type
nano tube.

ADVANTAGE - The base end of nano tube is connected to cone
vertex which is
crushed and the end of tube functions as probe, hence
surface image is detected
by scanning opposing to sample surface. High precision
nano tube is obtained.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a perspective
view of a nano tube
probe.

Cantilever 4

Rear end of cantilever 4a

Cone 8

Vertex of cone 8a

Nano tube 10

Substance surface 12

CHOSEN-DRAWING: Dwg.5/9

TITLE-TERMS:

NANO TUBE PROBE CARBON NANO TUBE ELECTRON MICROSCOPE CONE
PROTRUDE ONE END

CANTILEVER NANO TUBE FIX LEADING VERTEX CONE

DERWENT-CLASS: E36 L02 S03 V05

CPI-CODES: E05-U02; L02-H02A; L02-H02B2; L02-H04;

EPI-CODES: S03-E02F1; S03-E02F3; S03-E06B1; V05-F01A5;
V05-F04B6A;

CHEMICAL-CODES:

Chemical Indexing M3 *01*

Fragmentation Code

G000 G830 M280 M320 M415 M510 M520 M530 M541 M781

M905 Q454 R042

Ring Index

90002

Specific Compounds

A03UZK A03UZU

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C2001-101953

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-238468

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-346786

(P2000-346786A)

(43)公開日 平成12年12月15日(2000.12.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 1 N 13/16		G 0 1 N 13/16	C 2 F 0 6 3
C 0 1 B 31/02	1 0 1	C 0 1 B 31/02	1 0 1 F 2 F 0 6 9
G 0 1 B 7/34		G 0 1 B 7/34	Z 4 G 0 4 6
21/30		21/30	Z

審査請求 未請求 請求項の数6 書面 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-194858

(22)出願日 平成11年6月4日(1999.6.4)

(71)出願人 599004210

中山 喜萬

大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟
404

(71)出願人 591040292

大研化学工業株式会社

大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号

(72)発明者 中山 喜萬

大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2
9-404

(74)代理人 100084342

弁理士 三木 久巳

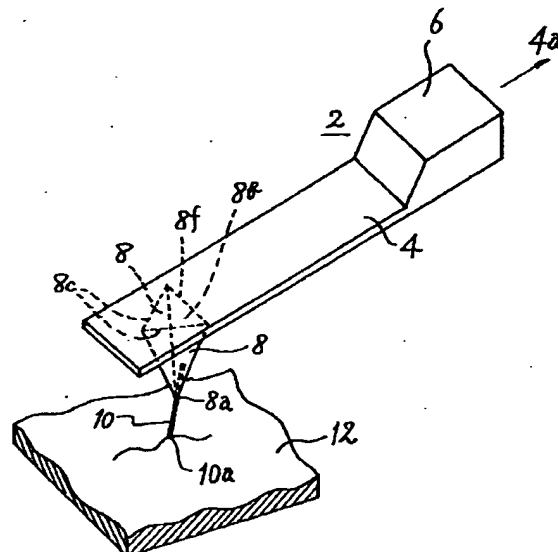
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高性能ナノチューブプローブ

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 対象物質の表面情報を高精度に読み取ったり、高精度に書き込んだりできるナノチューブプローブを開発する。

【解決手段】 カンチレバー4に突設された錐状体8と、この錐状体8の略頂点8aを通して先端部を突出させ、錐状体8の側面上でその高さ方向に基端部固定されたナノチューブ10から構成される。ナノチューブ10が固定される側面は、ナノチューブ10が有する側面のうちカンチレバー4の後端方向4aに対して垂面により近い主側面8bが選択される。更に、カンチレバー4の試料表面12に対する傾斜角が θ であるとき、カンチレバー4の後端方向4aとナノチューブ先端方向10bの交差角度を略 $(90+\theta)$ 度に設定して、ナノチューブを物質表面に略90度で当接させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 カンチレバー4と、このカンチレバー4に突設された錐状体8と、この錐状体8の略頂点8aを
通って先端部を突出させ、錐状体8の側面上でその高さ
方向に基端部を固定されたナノチューブ10から構成さ
れることを特徴とする高性能ナノチューブアプローブ。

【請求項2】 ナノチューブ10が固定される前記側面
は、錐状体8が有する側面のうちカンチレバー4の後端
方向4aに対して垂面により近い主側面8bが選択され
る請求項1記載の高性能ナノチューブアプローブ。

【請求項3】 カンチレバー4の後端方向4aとナノチ
ューブ先端方向10bの交差角度が90度以上に設定さ
れていることを特徴とする高性能ナノチューブアロー
ブ。

【請求項4】 カンチレバー4の物質表面12に対する
傾斜角が θ であるとき、前記交差角度が略 $(90+\theta)$
度に設定されている請求項3記載の高性能ナノチューブ
アプローブ。

【請求項5】 カンチレバー4と、このカンチレバー4
に突設された錐状体8と、この錐状体8の略頂点8aを
通って先端部を突出させたナノチューブ10と、このナ
ノチューブ10の基端部は錐状体8の側面でその高さ方
向に固定され、この側面としてカンチレバー4の後端方
向4aに対して垂面により近い主側面8bが選ばれ、カン
チレバー4の物質表面12に対する傾斜角が θ である
とき、カンチレバー4の後端方向4aとナノチューブ先
端方向10bの交差角度が略 $(90+\theta)$ 度に設定され
ていることを特徴とする高性能ナノチューブアプローブ。

【請求項6】 前記錐状体8が三角錐状、四角錐状又は
円錐状である請求項1ないし5記載の高性能ナノチュー
ブアプローブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はカーボンナノチ
ューブ、BCN系ナノチューブ、BN系ナノチューブ等のナ
ノチューブを探针として物質表面の表面信号を操作する
ナノチューブアプローブに関し、更に詳細には、錐体状ホ
ルダーに対しナノチューブの取付位置や取付方向を特定
して、物質表面の表面信号を高分解能に操作できる高性
能ナノチューブアプローブに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、試料表面を高倍率に観察する顕
微鏡として電子顕微鏡があったが、真空中でなければ電子
ビームが飛ばないために実験技術上で種々の問題があっ
た。ところが、近年、大気中でも表面を原子レベルで観
察できる走査型アプローブ顕微鏡技術が開発されるに到っ
た。アプローブの最先端にある探针を物質表面に原子サイ
ズまで極微接近させると、個々の原子からの物理的・化
学的作用を探针で検出し、探针を表面上に走査すること
により検出信号から物質表面像を現出させる顕微鏡であ

る。

【0003】これらの顕微鏡の中でも特によく利用され
るものは、走査型トンネル顕微鏡（STMとも略称す
る）と原子間力顕微鏡（AFMとも略称する）である。
STMでは研磨金属針などの導電性探针が用いられ、A
FMではシリコン製錐状体を探针として突設したカンチ
レバーを用いて表面信号を検出している。これらに共通
した問題は、探针の先端を超微細に先鋭加工できないた
めに物質表面の原子レベルでの微細構造を高分解能に検
出できないと云うことであった。

【0004】そこで、近年になってカーボンナノチ
ューブを探针に利用しようとするアイデアが出現した。カー
ボンナノチューブは導電性であるため、トンネル電流を
検出するSTMにはもちろん、原子間力を検出するAF
Mにも利用できる。J. Am. Chem. Soc. 12
0巻（1998年）603頁に、生物システムを映像化
する高分解能アプローブとしてカーボンナノチューブ探针
が提案されている。これはカーボンナノチューブをAF
M用カンチレバーの錐状体に自然に吸着させただけの探
針である。このアプローブをナノチューブアプローブと今後
称する。この従来のナノチューブアプローブでは、ナノチ
ューブを錐状体に自然吸着させるため、ナノチューブが
錐状体にどのような配置で吸着されるかは一定ではな
く、偶然性に支配されている。この状態のままナノチ
ューブが錐状体に何らかの手段により固定化されると、そ
の配置によってナノチューブアプローブの分解能の限界が
決まり、場合によってはナノチューブアプローブとして利
用できないものさえ出現する。

【0005】図8は従来のナノチューブアプローブの立体
構成図である。ナノチューブアプローブ2は、カンチレバ
ー4と、カンチレバー4の後端にあるサブストレート6
と、カンチレバー4の先端に突設された三角錐状の錐状
体8と、この錐状体8に吸着固定されたナノチューブ1
0から構成されている。ナノチューブ10は錐状体8に
自然状態で吸着された後固定されるから、錐状体8の頂
点8aをナノチューブ10が通ることはほとんどない。
従って、試料面12に対しては、錐状体8の頂点8aが
ナノチューブ10の先端10aとともに結果的に探针と
して作用する。従って、このナノチューブアプローブ2に
より試料面12を走査した場合には、両探针により物質
表面の二重像が得られることになり、表面像の分解能が
悪くなってしまう。

【0006】図9は従来の他のナノチューブアプローブに
よる走査状態図である。ナノチューブ10は錐状体8の
側面8aに吸着固定されている。しかし、従来のナノチ
ューブアプローブ2では、既製のAFM用半導体カンチレ
バーを使用しているから、錐状体8の形状は探针として
設計されており、それにナノチューブ10を固定するこ
とは当初から考えられていない。従って、試料面12に
対しナノチューブ10を当接した場合に、物質表面とナ

ノチューブ10とがなす当接角 θ は90度になることはほとんどなく、大抵は図示のように鋭角になる。このような鋭角配置では、試料面12に非常に深い表面深凹部12aがあったときには、ナノチューブ10の先端10aが表面深凹部12aの底まで到達できず、得られる表面画像の分解能に限界をもたらしていた。

【0007】プローブ顕微鏡分野とは異なるが、近年、コンピュータのメモリ容量が増大するにつれ、メモリ装置がフロッピーディスク装置からハードディスク装置へ、更に高密度ディスク装置へと進化しつつある。小さな空間に更に高密度に情報を詰め込むと、1情報当たりのサイズが小さくなるため、その入出力用の探針もより微細なものが必要になってくる。従来の磁気ヘッド装置では一定以上に小さくすることは不可能であった。CD装置などの電子装置でもその入出力用プローブの超微小化が要望されていた。この入出力用のプローブとして、高性能のナノチューブプローブが特望されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の第1目的は、カンチレバーに突設された錐状体の頂点が探針として機能することを防止して、ナノチューブ先端だけが探針機能を発揮するナノチューブプローブを提供することである。本発明の第2目的は、試料・磁気記録媒体などの物質表面の凹凸変化に精度良く追従して、物質表面から物理的・化学的情報を高精度に検出したり、物質表面に対し情報を精度良く書き込んだりできるナノチューブプローブを提供することである。本発明の第3目的は、走査型プローブ顕微鏡や磁気ディスク装置などの電子装置における高性能のナノチューブプローブを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するためになされたものである。請求項1の発明は、カンチレバーと、このカンチレバーに突設された錐状体と、この錐状体の略頂点を通して先端部を突出させ、錐状体の側面上でその高さ方向に基端部を固定されたナノチューブから構成される高性能ナノチューブプローブである。請求項2の発明は、ナノチューブが固定される前記側面は、ナノチューブが有する側面のうちカンチレバーの後端方向に対して垂面により近い主側面が選択される請求項1記載の高性能ナノチューブプローブである。請求項3の発明は、カンチレバーの後端方向とナノチューブ先端方向の交差角度が90度以上に設定されている高性能ナノチューブプローブである。請求項4の発明は、カンチレバーの物質表面に対する傾斜角が θ であるとき、前記交差角度が略 $(90+\theta)$ 度に設定されている高性能ナノチューブプローブである。

【0010】請求項5の発明は、カンチレバー4と、このカンチレバー4に突設された錐状体8と、この錐状体8の略頂点8aを通して先端部を突出させたナノチュー

ブ10と、このナノチューブ10の基端部は錐状体8の側面でその高さ方向に固定され、この側面としてカンチレバー4の後端方向4aに対して垂面により近い主側面8bが選ばれ、カンチレバー4の物質表面12に対する傾斜角が θ であるとき、カンチレバー4の後端方向4aとナノチューブ先端方向10bの交差角度が略 $(90+\theta)$ 度に設定されている高性能ナノチューブプローブである。請求項6の発明は、前記錐状体が三角錐状、四角錐状又は円錐状である高性能ナノチューブプローブである。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明で用いられるナノチューブは、カーボンナノチューブ、BCN系ナノチューブ、BN系ナノチューブ等のナノチューブである。その中でもカーボンナノチューブ（以下、CNTとも称する）が最初に発見された。従来、カーボンの安定な同素体としてダイヤモンド、グラファイトおよび非晶質カーボンが知られていた。ところが、1991年に直流アーク放電によって生成される陰極堆積物の中に、筒状構造のカーボンナノチューブの存在が認められた。

【0012】このカーボンナノチューブの発見に基づいてBCN系ナノチューブが合成された。例えば、非晶質ホウ素とグラファイトの混合粉末をグラファイト棒に詰め込み、窒素ガス中で蒸発させる。また、焼結BN棒をグラファイト棒に詰め込み、ヘリウムガス中で蒸発させる。更に、BC₄Nを陽極、グラファイトを陰極にしてヘリウムガス中でアーク放電させる。これらの方法でカーボンナノチューブ中のC原子が一部B原子とN原子に置換したBCN系ナノチューブが合成されたり、BN層とC層が同心状に積層した多層ナノチューブが合成された。

【0013】またごく最近では、BN系ナノチューブが合成された。これはC原子をほとんど含有しないナノチューブである。例えば、カーボンナノチューブとB₂O₃粉末をるつぼの中に入れて窒素ガス中で加熱する。この結果、カーボンナノチューブ中のC原子のほとんどがB原子とN原子に置換されたBN系ナノチューブに変換できる。もちろん本発明は、これら以外の種々のナノチューブも利用することができる。

【0014】本発明に係るナノチューブには、ナノチューブ単体だけでなく、ナノチューブにセンサー物質を修飾した修飾ナノチューブでもよい。例えば、ナノチューブの先端に強磁性金属原子を内包したり強磁性金属超微粒子を担持させた磁気力顕微鏡プローブ、ナノチューブ先端に特定化学物質を結合した化学力顕微鏡プローブ、ナノチューブ先端に各種触媒を担持させた触媒用プローブなど種々のものがある。

【0015】本発明に係るナノチューブプローブは、従来から存するプローブ顕微鏡、例えば走査型トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡、摩擦力顕微鏡、磁気力顕微鏡、

化学力顕微鏡などの探針アローブとして利用できる。また、アローブ顕微鏡以外のものとして、例えば磁気力アローブを入出力用磁気ヘッドとして用いた磁気ディスク装置など他の電子機器用のアローブとして活用することもできる。

【0016】本発明はカンチレバーに突設された錐状体にナノチューブを固定して構成される。一般に、AFM用カンチレバーはカンチレバーに錐状体であるピラミッド状探針を突設して構成されているが、本発明はこの錐状体にナノチューブを探針として取付固定したものである。従って、錐状体はナノチューブを取り付けるホルダーの機能をし、ナノチューブが対象物質の物理的・化学的作用を検出する探針となる。

【0017】ナノチューブは曲げ弾性が強く、相当に湾曲しても折損することがない。しかも、軸長が数十nmからミクロンオーダーに達し、また断面直径が1nmから数十nmまで分布するから、探針として最適の構造をしている。本発明はこのナノチューブをAFM用カンチレバーの錐状体に固定してナノチューブアローブを構成し、多数の用途に適合するナノチューブアローブを提供するものである。

【0018】本発明に係るナノチューブアローブは、カンチレバーに突設された錐状体と、この錐状体の略頂点を通して先端部を突出させ、錐状体の側面上でその高さ方向に基端部を固定されたナノチューブから構成されている。こうすることによって、錐状体の頂点の探針作用を潰し、ナノチューブの先端だけが探針として機能する。従って、二重像が出現することのない高分解能のナノチューブアローブを提供するものである。また、側面の高さ方向に基端部を固定するから、ナノチューブを含む面がカンチレバー面に対して垂直に交差するようにナノチューブが取り付けられ、ナノチューブの物質表面に対する走査が容易になる。

【0019】また、ナノチューブが固定される前記側面は、ナノチューブが有する側面のうちカンチレバーの後端方向に対して垂面により近い面が選択される。こうすることによって、ナノチューブがカンチレバー平面に対し歪みなく取り付けられ、撮像の分解精度を上げるだけでなく、ナノチューブの走査を容易にする。

【0020】錐状体の形状は三角錐状、四角錐状、更に高次の多角錐状、円錐状など各種の形状が利用できる。特に円錐状の場合には、ナノチューブを固定する側面は平面ではないが、接平面と考えればよい。

【0021】カンチレバーの後端方向とナノチューブ先端方向の交差角度を 90° 以上に設定し、特にカンチレバーの物質表面に対する傾斜角が θ 度であるとき、前記交差角度を略 $(90+\theta)$ 度に設定したナノチューブアローブを提供する。こうすれば、ナノチューブの物質表面にたいする当接角が略 90° になる。物質表面の凹凸が急峻であるとき、 90° に立設されたナノチューブは

凹凸部に的確に追従することができ、表面情報を高精度に再現することができる。

【0022】

【実施例】図1は本発明に係るナノチューブアローブを原子間力顕微鏡(AFM)に適用した場合のブロック構成図である。ナノチューブアローブ2は、カンチレバー4、サブストレート6、錐状体8およびナノチューブ10から構成される。このナノチューブアローブ2は図示しないホルダーセット部に着脱自在に固定され、ナノチューブ10を試料14の試料面12に当接走査して試料表面情報を読み取る。ナノチューブ10の交換時にはアローブ2の全体が交換される。試料14はピエゾ素子からなる走査駆動部16によりXYZ方向に駆動される。18は半導体レーザー装置、20は反射ミラー、22は二分割光検出器、24はXYZ走査回路、26はAFM表示装置、28はZ軸検出回路である。

【0023】試料14をナノチューブ10に対し所定の斥力位置になるまでZ軸方向に接近させ、その後、Z位置を固定した状態で走査回路24により走査駆動部16をXY方向に走査する。このとき、表面原子の凹凸でカンチレバー4が撓み、反射したレーザービームLBが二分割光検出器22に位置変位して入射する。上下の検出器22a、22bの光検出量の差からZ軸方向の変位量をZ軸検出回路28で算出し、この変位量を表面の凹凸量としてAFM表示装置26に表示する。XY方向に走査するに従って、表面原子像がAFM表示装置26に表示されてゆく。この装置では、試料14をXYZ走査する構成になっているが、アローブ2をXYZ走査してもよい。

【0024】図2は本発明に係るナノチューブアローブの第1実施例の斜視図である。カンチレバー4の先端には三角錐状の錐状体8が突設されている。この錐状体8には3枚の側面があるが、その主側面8bは他の側面8c、8dよりもカンチレバー4の後端方向4aに対し垂直に近い位置関係にあり、しかも後端方向4aと反対向きに配置されている。この主側面8b上にナノチューブ10が錐状体の頂点8aを通して先端10aを突出するように固定される。しかもナノチューブ10は主側面8bとカンチレバー4との交差線、即ち主底稜線8fに対しナノチューブ10は直交する位置関係にある。この構成であれば、ナノチューブ10の先端10aが試料面12に対し探針として作用し、錐状体8の頂点8aは探針として作用しない。従って、表面像として二重像が現れることがなく、解像度の高い表面像が得られる。

【0025】図3は本発明に係るナノチューブアローブの第2実施例の斜視図である。錐状体8として四角錐が突設されている。この錐状体8には4枚の側面があるが、カンチレバー4の後端方向4aに対し垂直に近い位置関係にある側面は主側面8b、8dの2枚である。こ

のうち後端方向4aと反対向きに配置された主側面8bにナノチューブ10が固定される。ナノチューブ10は錐状体の頂点8aを通過して先端10aを突出するように固定される。しかも図2と同様に、ナノチューブ10は主側面8bの高さ方向、即ち主底稜線8fに直交するように配向されている。このように構成すれば、ナノチューブ10の先端10aだけが試料面12に対し探針として作用し、錐状体8の頂点8aは試料面12に対し反応しない。従って、クリアな表面原子像が得られる。

【0026】図4は図2又は図3の側面図である。通常の使用状態では、カンチレバー4は試料面12に対して傾斜配置され、その傾斜角 θ はAFM装置によって例えば10度に設定されたり、20度に設定されたりする。この実施形態では、カンチレバー後端方向4aとナノチューブ先端方向10bの交差角は $(90+\theta)$ 度に設定されている。こうすれば、カンチレバー4を傾斜角 θ で傾斜させて走査したときには、ナノチューブ10は常に当接角90度で試料面に対し当接する。試料面12にかなり深い凹所がある場合でも、当接角を90度にしておけば、ナノチューブの先端10aは凹所に確実に追従でき、凹凸が明瞭で二重像がでない解像度の高い表面原子像を撮像できる。

【0027】図5は本発明に係るナノチューブアローブの第3実施例の斜視図である。図2との相違点を述べると、錐状体8の主側面8bがカンチレバー後端方向4aに向いており、錐状体8のカンチレバー4に対する配置が前後逆になっている。他の構成および効果は図2と同一であるから、その説明を省略する。

【0028】図6は本発明に係るナノチューブアローブの第4実施例の斜視図である。図3との相違点を述べると、2枚の主側面8b、8dのうち、カンチレバー後端方向4aに向いている主側面8dにナノチューブ10が固定されている。他の構成および効果は図3と同一であるから、その説明を省略する。

【0029】図7は図5又は図6の側面図である。図4と比較すると明らかであるが、ナノチューブ10がカンチレバー後端方向4aに向いた主側面8bまたは8dに固定されている点が異なっているだけである。カンチレバー4の傾斜角が θ であるとき、カンチレバー後端方向4aとナノチューブ先端方向10bの交差角は略 $(90+\theta)$ 度に設定されている。このように設定すれば、ナノチューブ10は常に当接角が略90度で試料面に対し当接し、試料面に対する感応度を最大に設定することができる。例えば、試料面12にかなり深い凹所がある場合でも、当接角を略90度にしておけば、ナノチューブの先端10aは凹所に確実に追従でき、図4と同じく、凹凸が明瞭で二重像がでない解像度の高い表面原子像を撮像することができる。

【0030】本発明における錐状体8は、上述したような三角錐や四角錐、更に高次の多角錐でもよいが、円錐

でも構わない。円錐の場合には、ナノチューブ8を固定する側面は平面ではないが、カンチレバー後端方向4aと同一方向または反対方向の接平面と考えればよい。その他、角錐と円錐の混合形など各種の錐状体があるが、本発明はこれらの多様な錐状体を含んでいる。

【0031】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例、設計変更などをその技術的範囲内に包含するものである。

【0032】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、錐状体の頂点の探針作用が潰れ、ナノチューブの先端だけが探針として機能する。従って、二重像が出現せず、ナノチューブの先端だけによって表面像を検出する高分解能のナノチューブアローブを実現できる。また、側面の高さ方向に基端部を固定するから、ナノチューブを含む面がカンチレバー面に対して垂直に交差するようにナノチューブが取り付けられ、ナノチューブの試料表面に対する走査が容易になる。

【0033】請求項2の発明によれば、ナノチューブがカンチレバー平面に対し歪みなく取り付けられ、撮像の分解精度を上げるだけでなく、ナノチューブの走査を容易にできる。

【0034】請求項3の発明によれば、カンチレバーを試料平面に対して傾斜させて走査する場合に、ナノチューブを試料面に対し高角度で当接することができ、ナノチューブにより試料面の凹凸を忠実に再現することができる。

【0035】請求項4の発明によれば、カンチレバーの試料表面に対する傾斜角が θ であるとき、ナノチューブの試料表面に対する当接角を略90度に設定することができる。従って、試料表面の凹凸が急峻であるとき、略90度に立設されたナノチューブは凹凸部に的確に追従することができ、表面情報を高精度・高分解能に再現することができる。

【0036】請求項5の発明によれば、前述した請求項1から請求項4の全ての効果を有するナノチューブアローブを提供できる。請求項6の発明によれば、錐状体の形状を三角錐状、四角錐状、円錐状に設定でき、従来からAFM用に用いられてきたカンチレバーを本発明に適用するだけで、前述した効果を発揮できる。また公知のAFM技術を適用して本発明のナノチューブアローブを簡単に提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係るナノチューブアローブを原子間力顕微鏡（AFM）に適用した場合のブロック構成図である。

【図2】図2は本発明に係るナノチューブアローブの第1実施例の斜視図である。

【図3】図3は本発明に係るナノチューブアローブの第

2実施例の斜視図である。

【図4】図4は図2又は図3の側面図である。

【図5】図5は本発明に係るナノチューブアローブの第3実施例の斜視図である。

【図6】図6は本発明に係るナノチューブアローブの第4実施例の斜視図である。

【図7】図7は図5又は図6の側面図である。

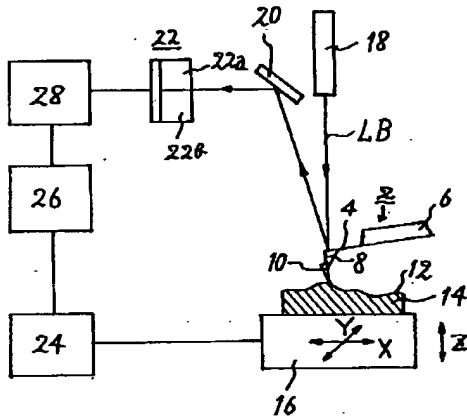
【図8】図8は従来のナノチューブアローブの立体構成図である。

【図9】図9は従来の他のナノチューブアローブによる 10 走査状態図である。

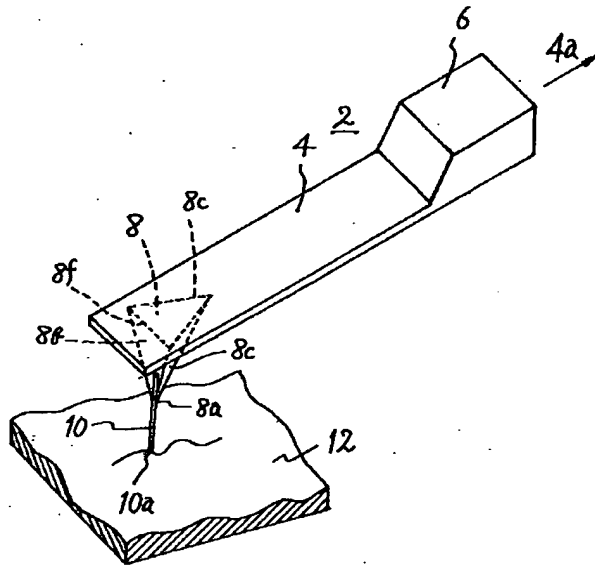
【符号の説明】

2はナノチューブアローブ、4はカンチレバー、6はサブストレート、8は錐状体、8aは頂点、8bは主側面、8cは側面、8dは主側面、8fは主底稜線、10はナノチューブ、10aは先端、10bは先端方向、12は試料面、12aは表面深凹部、14は試料、16は走査駆動部、18は半導体レーザー装置、20は反射ミラー、22は二分分光検出器、22aは上検出器、22bは下検出器、24はXYZ走査回路、26はAFM表示装置、28はZ軸検出回路、 ϕ は当接角である。

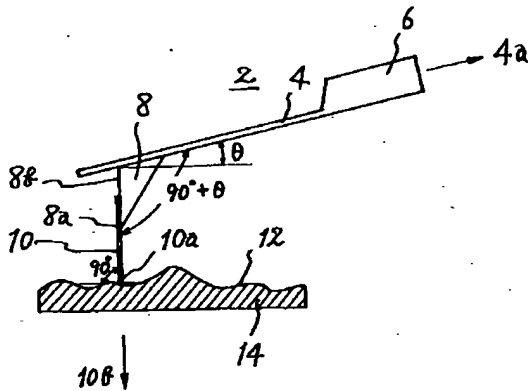
【図1】



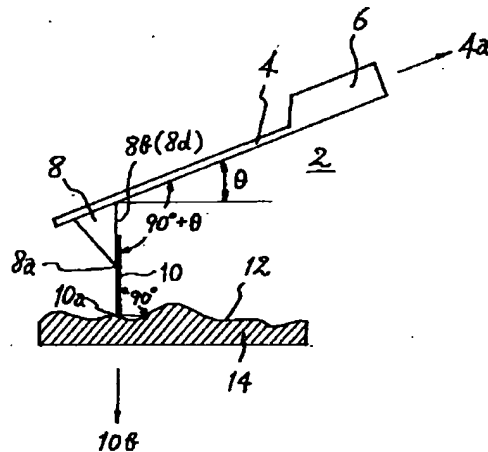
【図2】



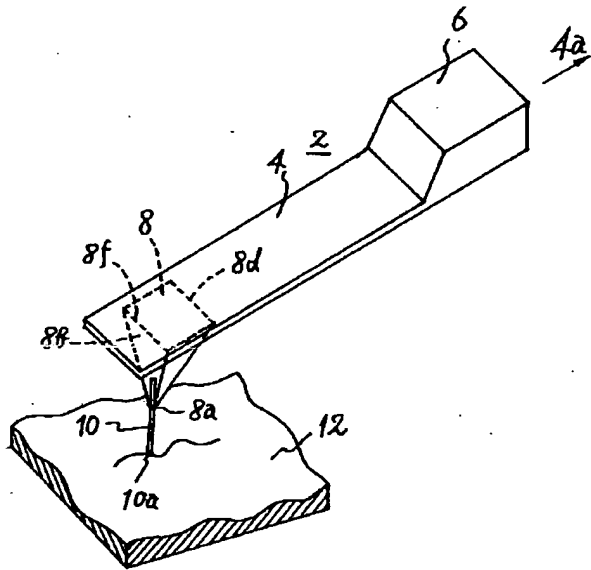
【図4】



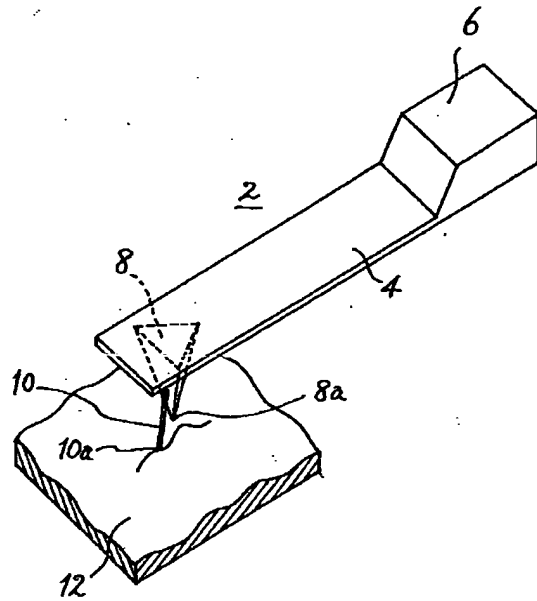
【図7】



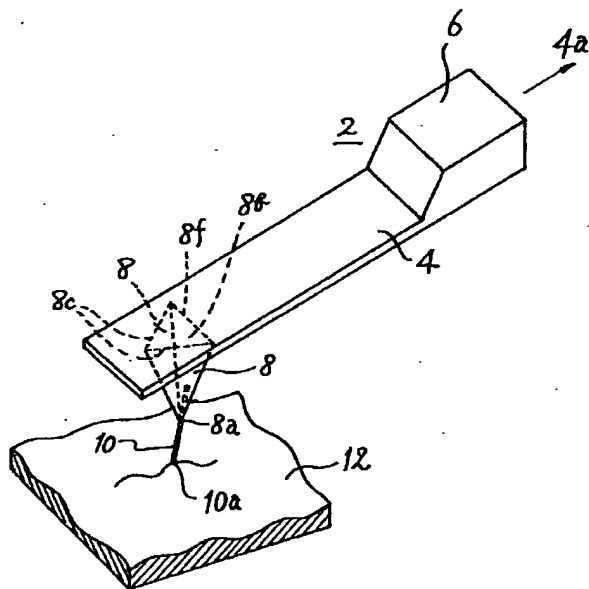
【図3】



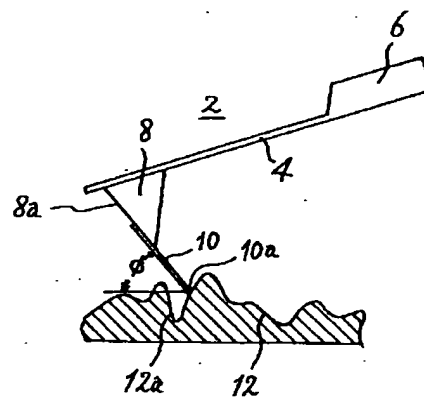
【図8】



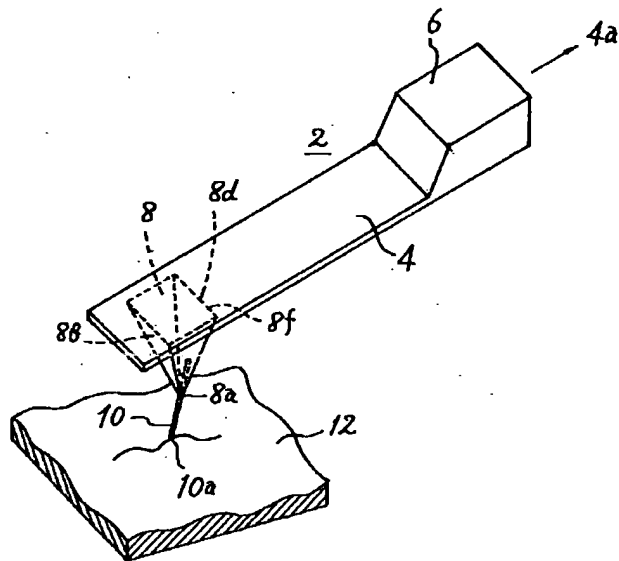
【図5】



【図9】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 秋田 成司
大阪府和泉市池田下町1248番地の4
(72)発明者 原田 昭雄
大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号
大研化学工業株式会社内

Fターム(参考) 2F063 AA43 CA09 DA01 DB01 DB05
DB06 EA16 EB05 EB15 EB23
EB27 GA57 JA04 MA05 ZA01
2F069 AA60 DD12 DD19 GG04 GG06
GG07 GG62 HH02 HH04 HH09
HH30 JJ07 JJ08 JJ14 JJ15
JJ25 LL03 LL04 LL10 MM04
QQ05 QQ12 RR03
4G046 CB00 CC09